

WEST

☐ Generate Collection

L1: Entry 41 of 47

File: DWPI

Nov 30, 1999

DERWENT-ACC-NO: 2000-080744
DERWENT-WEEK: 200008
COPYRIGHT 2002 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Low energy ion beam generator for high voltage ion implantation equipment used in manufacture of semiconductor device - has electrodes that are arranged at inclined state at specific distance to remove neutral particle from ion beam

PATENT-ASSIGNEE:

ASSIGNEE

SUMITOMO EATON NOVA KK

CODE

SUMH

PRIORITY-DATA: 1998JP-0139580 (May 21, 1998)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO

JP 11329316 A

PUB-DATE

November 30, 1999

LANGUAGE

PAGES

013

MAIN-IPC

H01J037/04

APPLICATION-DATA:

PUB-NO

JP 11329316A

APPL-DATE

May 21, 1998

APPL-NO

1998JP-0139580

DESCRIPTOR

INT-CL (IPC): C23 C 14/48; H01 J 37/04; H01 J 37/08; H01 J 37/317; H01 L 21/265

ABSTRACTED-PUB-NO: JP 11329316A

BASIC-ABSTRACT:

NOVELTY - The electrodes (17-20) having opening are arranged at inclined state with respect to center axis (10) of ion released from a mass analyzer (2). The neutral particle is simultaneously isolated from ion beam by adjusting speed of ion beam according to clearance between the electrodes and deflection angle of ion projected to apertures and center axis.

DETAILED DESCRIPTION - An INDEPENDENT CLAIM is also included for low energy ion beam generating method.

USE - For generating low energy ion beam for high voltage ion implantation equipment used in manufacturing of semiconductor device.

ADVANTAGE - Facilitates generation of low energy ion beam with simple structure of electrode. Prevents energy contamination even in reduced size of ion implantation equipment. Shortens distance of movement of beam to wafer by adjusting length of electrode. Enables application of heavy current to low energy beam with simplified structure of apparatus. Enables execution of drift mode and specific mode without any influence.

DESCRIPTION OF DRAWING - The figure shows outline of high voltage ion implantation equipment. (2) Mass analyzer; (10) Center axis; (17-20) Electrode.

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1/11

TITLE-TERMS: LOW ENERGY ION BEAM GENERATOR HIGH VOLTAGE ION IMPLANT EQUIPMENT
MANUFACTURE SEMICONDUCTOR DEVICE ELECTRODE ARRANGE INCLINE STATE SPECIFIC DISTANCE
REMOVE NEUTRAL PARTICLE ION BEAM

DERWENT-CLASS: L03 U11 V05

CPI-CODES: L04-C02B; L04-D04;

EPI-CODES: U11-C02B1; V05-F04A5; V05-F05A7C; V05-F08D3;

SECONDARY-ACC-NO:

CPI Secondary Accession Numbers: C2000-022978

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N2000-064008

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-329316

(43) 公開日 平成11年(1999)11月30日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 1 J 37/04

H 0 1 J 37/04

Z

C 2 3 C 14/48

C 2 3 C 14/48

Z

H 0 1 J 37/08

H 0 1 J 37/08

37/317

37/317

Z

H 0 1 L 21/265

H 0 1 L 21/265

6 0 3 B

審査請求 未請求 請求項の数9 OL (全 13 頁)

(21) 出願番号

特願平10-139580

(22) 出願日

平成10年(1998)5月21日

(71) 出願人 000183196

住友イートンノバ株式会社

東京都田無市谷戸町2丁目4番15号

(72) 発明者 黄 永章

愛媛県 東予市今在家1501番地 住友イートンノバ株式会社内

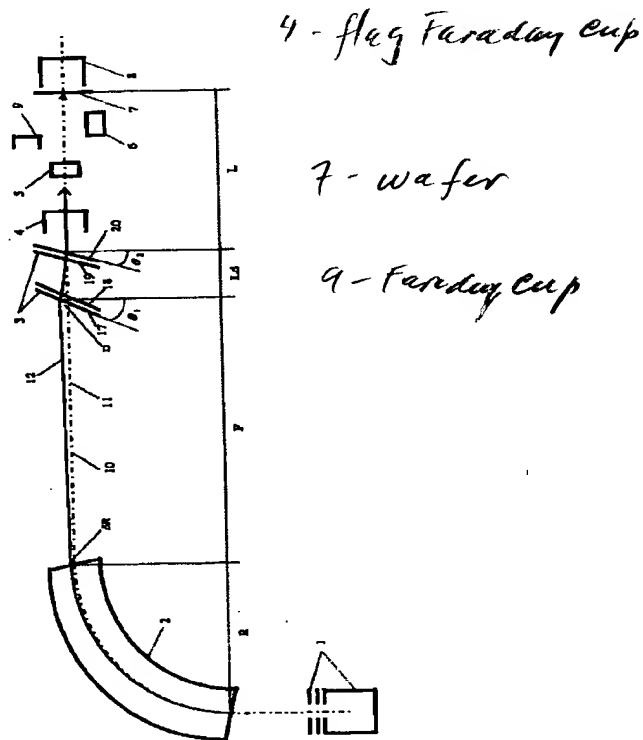
(74) 代理人 弁理士 尊 経夫 (外2名)

(54) 【発明の名称】 傾斜ディセル装置とそのイオンビームの形成方法

(57) 【要約】

【課題】 イオンビームの減速及び中性粒子の分離を同時に達成するための傾斜ディセル装置とそのイオンビームの形成方法を提供すること。

【解決手段】 開口を有する複数のディセル電極17, 18, 19, 20 を傾斜させて配置し、質量分析器2から放出されるイオンビームを、ビーム径路の基軸10に対して所定の偏向角とオフセット距離Dでディセル電極の開口に入射させ、ディセル電極の間に形成される間隙によって、イオンビームを減速または加速しかつ同時にイオンビームを中性粒子から分離させる。複数のディセル電極は、第1, 第2, 第3の間隙を形成する前側電極17、抑制電極18, 19 及び後側電極20で構成され、オフセット修正されたイオンビームが基軸10に沿う方向に移動する。中性粒子は、ディセル電極20の開口を通過できないか、ウエハ7に到達する前に捕捉され、イオンのみがウエハに衝突することにより、ウエハへのエネルギー汚染をなくす。



【特許請求の範囲】

【請求項1】開口を有する複数のディセル電極をビーム径路の基軸に垂直な軸に対して傾斜させて配置し、前記ディセル電極にイオンビームが入射する位置での、前記基軸からのイオンビームのオフセット距離と、前記入射するイオンビームの前記基軸に対する偏向角を決定し、

前記ディセル電極の間に形成される間隙によって、イオンビームを減速かつ同時に中性粒子をイオンビームから分離して、高電流で十分に純粋な超低エネルギーを有するイオンビームを形成することを特徴とする傾斜ディセル装置。

【請求項2】複数のディセル電極は、イオンビームのオフセット距離の修正及び中性粒子の分離を共に実現するために、前記イオンビームの進行方向に対して第1、第2、第3の間隙を形成しかつ前側電極と後側電極の間に一対の抑制電極を配置しており、前記第2の間隙が前記抑制電極間のドリフト空間であることを特徴とする請求項1記載の傾斜ディセル装置。

【請求項3】イオンビームのオフセット距離と偏向角は、ディセル電極の前方に設けられた質量分析器を調整して決定されることを特徴とする請求項1または請求項2記載の傾斜ディセル装置。

【請求項4】動作時において減速されたビームを調整するために、ディセル電極の後方にあってウエハに近接する位置に配置され、超低エネルギービームに対してのみ使用される可動式ファラデーカップをさらに設けたことを特徴とする請求項1ないし3のいずれかに傾斜ディセル装置。

【請求項5】開口を有する少なくとも2つの傾斜したディセル電極の間隙を置いて配置し、質量分析器から放出されるイオンビームを、ビーム径路の基軸に対して所定の偏向角とオフセット距離で前記ディセル電極の開口に入射させ、

前記ディセル電極の間隙を通過するイオンビームのイオンと中性粒子を分離するとともに、イオンを減速させて前記ビーム径路の基軸に近づく方向に屈曲させて前記イオンビームのオフセット距離を修正し、前記分離した中性粒子をウエハに到達する前に捕捉させ、イオンのみをウエハに衝突させるように、前記傾斜したディセル電極を通過したイオンビームが前記基軸に沿う方向に移動する、各工程を有することを特徴とするイオンビームの形成方法。

【請求項6】オフセット修正工程は、ディセル電極間に形成された第1の間隙において、イオンビームを湾曲及び加速させ、次に、イオンビームがビーム径路の基軸に近づく方向に第2の間隙であるドリフト空間を進み、さらに、第3の間隙において、イオンビームを減速させる、3つの偏向ステップを備えることを特徴とする請求項5記載のイオンビームの形成方法。

【請求項7】傾斜したディセル電極における前側電極の開口をオフセットされたイオンビームの移動位置に焦点を合わせ、前記前側電極により偏向されたイオンビームラインと、ビーム径路の基軸ラインとが交わる位置に後側電極と対をなす抑制電極の一方を位置させ、イオンビームを中性粒子から分離させることを特徴とする請求項5記載のイオンビームの形成方法。

【請求項8】イオンビームの進行方向に対して所定の間隔でかつ傾斜した複数のディセル電極(17,18,19,20;21,22,23)を有し、

これらのディセル電極が、それぞれ少なくとも1つの開口(25,26,27,28)を有し、かつこの前側と後側に位置する電極間にイオンビームを減速または加速させるための間隙と、その中間に位置する電極間にドリフト空間を形成する間隙とを有し、前記傾斜したディセル電極の前開口(25)を後開口(28)に対して所定のオフセット距離(D)だけ偏位させたことを特徴とするイオン注入用の傾斜ディセル装置。

【請求項9】複数のディセル電極は、前側電極(21)、抑制電極(22)及び後側電極(23)を含み、前記抑制電極(22)は、内部空間を有するボックス構造で、かつ前記前側電極(21)と後側電極(23)にそれぞれ対面する電極壁に開口(26,27)を有していることを特徴とする請求項6記載の傾斜ディセル装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体製造技術等に利用される高電流型イオン注入装置に直接使用して、高電流でエネルギー汚染のない超低エネルギーのイオンビームを発生させることを可能にするディセル装置およびその方法に関する。

【0002】

【従来の技術】イオン注入装置は、イオン源からB⁺及びP⁺等のイオンを生成してイオンビーム形成し、イオン注入室内に設けられた1つまたは複数のウエハにイオンを注入して半導体製品の製造を行うものである。

【0003】イオン源室内で生成されてそこから放出されたイオンは、質量と電荷の差により質量分離され、そして加速されてイオンビームを形成する。このイオンビームは、イオンをウエハに注入するのに十分なエネルギーを有しており、ビーム径路に沿ってイオン注入室に向けられ、1つまたは複数のウエハに突入する。

【0004】従来のイオン注入装置では、マスクや不活性化層を使用する選択注入でIC(集積回路)を製造することができる。この注入技術のための装置は、大きく、複雑で、高価であり、また、低いエネルギーでイオンを注入できるという点ではその能力が制限されている。

【0005】集積回路の製造において、ウルトラシャロウ(Ultra shallow)接合を形成するために、近い将

来、高電流及び超低エネルギーのイオン注入が必要となる。それゆえ、商業的に利用される最新の高電流型イオン注入装置は、その作動レンジを1KeV（キロエレクトロンボルト）又は数百eV程度の低いエネルギーにまで拡張する必要がある。

【0006】超低エネルギーで高電流を得るために、イオンビームは、通常、比較的高エネルギーでイオン源から引き出され、それから、質量分析され、さらにウエハに近い位置まで運ばれる。そこで、イオンビームは、必*

$$(\sqrt{m}/\sqrt{q}) \times I z^2 / U^{3/2}$$

に比例する。

【0008】ここで、イオンビームは断面が円形状の均一なビームを想定している。m及びqは、イオンの質量と電荷、Iは、ビーム電流、Uは、ビームエネルギー、zは、イオンビームの通過距離である。明らかなように、イオンビームの移動距離が短いと、より大きな電流を得るのに好適である。

【0009】そこで、高電流で超低エネルギービームを与える、現在の商業的なイオン注入装置を製造するために、ディセル装置を設けることが予想される。しかし、このディセル装置には、設計上の問題として重要な2つの技術的課題があると考えられている。

【0010】第1の課題は、エネルギー汚染（energy contamination）に起因するものである。これは、イオンがディセル電極に到着する前に残余ガス分子と衝突し、一部のイオンが中性粒子となり、そして、ディセル電極を通過した後に、イオンのエネルギーは減じられるが、中性粒子のエネルギーはそのまま保持されて、高いエネルギーの中性粒子がイオンとともにウエハに到達することにより起こるエネルギー汚染のことである。また、ビーム電流を増加させるために、減速前のビームエネルギーを増加させる程、よりエネルギー汚染の害はひどくなる。従って、理想的には、減速機能だけでなく、分離機能を有するディセル装置が一番望ましい。しかしながら、そのようなディセル装置は、商業的な高電流型イオン注入装置にこれまで使用されていない。

【0011】第2の課題は、超低エネルギービームの空間電荷力の急激な増加に起因するものである。イオンビームエネルギーが低くなると、空間電荷力が極端に大きくなり、荷電イオンが互いに反発し合う。このため、イオンビームのウエハまでの飛行距離が長くなると、イオンをウエハに到達させることが難しくなる。そこで、ディセル装置からウエハまでの距離を短くすることが必要であり、この距離の短縮は、大電流の超低エネルギービームを得るために非常に重要なことである。この第2の課題を解決するために、中性粒子をイオンビームから分離する分離装置を可能な限りコンパクトにすることが必要となる。

【0012】また、高電流型イオン注入装置のビームエネルギーよりも、より高いビームエネルギーを必要とす※50

*要とされる超低エネルギーに減速される。このイオンビームを減速（deceleration）するための装置は、ディセル（decel）と呼ばれている。この減速されたイオンビームは、その後、ウエハ等のターゲットにまで運ばれる。

【0007】また、イオンビームを形成する荷電イオンは、いわゆる空間電荷力によって互いに反発し、この力は、低いエネルギーにおいてより強くなる。この空間電荷の力によって、イオンビームの横方向への拡がりは、

$$(1)$$

※中電流型イオン注入装置などにおいて、ディセルが使用されることがある。この中電流型イオン注入装置などに使用される従来のディセルは、イオンビームの進行方向に対して全て垂直に位置する開口を有する電極である。従って、中性粒子（neutrals）は、それを通過することができる。

【0013】上述したように、分離機能を有する分離装置は、エネルギー汚染を除去するためにディセルの後段に設けられる。そこで中性粒子をイオンビームから分離するためには、一般的に、2種類の装置が用いられる。第1の装置は、横方向の電界がイオンビームを曲げ、かつ中性粒子に何ら影響を及ぼさない電気偏向装置である。イオンビームと中性粒子は、所定の移動距離を通過後、分離される。第2の装置は、イオンビームに進行方向に対して横向きの磁界によってイオンビームを曲げる磁石であり、これにより、イオンビームを中性粒子から分離する。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、第1の装置は、イオンビームの個々のイオンを広い領域に発散させてしまうので、長い距離に渡って超低エネルギービームを運ぶためには致命的な欠陥となり、我々の所望の目的に使用することができない。

【0015】また、第2の装置である磁石は、通常、大きくてウエハまでの距離が長くなり、超低エネルギービームに使用するにはあまりにビームの飛行経路が長くなってしまふ。

【0016】また、超低エネルギーで高電流を得るための上述した概念は、高エネルギーの中性粒子に起因するいわゆるエネルギー汚染（energy contamination）が起こるために、商業的に利用可能な高電流型イオン注入装置には、現実的にこれまで適用されていなかった。

【0017】有害な中性粒子（neutrals）は、イオンと残留ガス分子の間の衝突によってディセル電極の前側領域で生じる。ここで発生した中性粒子は、ディセル電極を直進して通過し、ウエハに到達する。中性粒子は、減速されたイオンよりも高いエネルギーを有しているの、ウエハのより深い領域へと入り込むことになる。これがエネルギー汚染と呼ばれ、ディセル装置を使用する際の本質的な問題となる。

【0018】エネルギー汚染は、イオンビームから中性粒子を分離することによって原則的に除去することが可能である。

【0019】そこで、本発明は、イオンビームの減速及び中性粒子の分離を同時に達成することのできるイオンビームの形成方法及びそのための新しい傾斜ディセル装置を提供することを目的としている。

【0020】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、各請求項に記載の構成を有している。本発明の新しいディセル装置を、傾斜ディセル装置と呼ぶことにするが、それは、傾斜ディセル装置の電極がイオン注入装置におけるビーム径路の基軸に対して垂直に配置されていないからである。

【0021】本発明は、現在の高電流型イオン注入装置に組み込んで使用できる傾斜ディセル装置の好ましい構造を開示する。この好ましい構造により、現在得ることができる電流よりも大きな電流で、エネルギー汚染のない超低エネルギーのイオンビームを得ることが可能である。傾斜ディセル装置は、簡素であり操作しやすいものである。

【0022】本発明は、イオンビームの減速及び中性粒子の分離の両機能を有する全く新しいディセル装置を提供するものであり、本発明における傾斜ディセル装置の高エネルギー部の長さは、従来のディセル装置の長さと比較して僅かに長くなり、ウエハに至るまでの減速されたビームの飛行距離をより短くするのに適した構造を備えている。

【0023】本発明の傾斜ディセル装置は、開口を有する複数のディセル電極をビーム径路の基軸に垂直な軸に対して傾斜させて配置され、予め定めたイオンビームのオフセット距離と偏向角で入射するイオンビームが、ディセル電極の間に形成される間隙を通過することによって、イオンビームを減速かつ同時に中性粒子をイオンビームから分離する。これにより、高電流で十分に純粋な超低エネルギーのイオンビームを形成する。

【0024】そして、さらなる好ましい構成によれば、少なくとも2組のディセル電極間の間隙と、抑制電極で構成されたドリフト空間の間隙を有しており、ディセル電極を通過するビーム移動を確実にしかつウエハまでビームを移動させるための集束力を与え、該集束力は、傾斜ディセル装置の設計段階で、後述する抑制比を変えて調節することが可能である。

【0025】また、傾斜したディセル電極の電極間の第1の間隙において、イオンビームを湾曲及び加速させ、次に、イオンビームが、ビーム経路の基軸に近づく方向にドリフト空間の第2の間隙を進み、さらに、第3の間隙において、イオンビームを減速させることにより、ビームのオフセット距離が修正されて、イオンビームが傾斜したディセル電極を通過後にビーム径路の基軸に沿

て平行に移動することができ、この場合、オフセット距離Dをゼロに修正することが可能となる。

【0026】また、ディセル電極の前開口と後開口が所定のオフセット距離だけ偏位して配置されていることから、ディセル電極の前側電極の前で発生する中性粒子は、ディセル電極の後側電極の開口を通過することができず、さらに、抑制電極を構成する抑制ボックス内で発生する中性粒子は、ウエハに到達する前に最終的に壁に衝突してなくなる。その結果、中性粒子がウエハに衝突するのを排除して、エネルギー汚染を発生させない。

【0027】さらに、本発明の構成によれば、傾斜したディセル電極の数が2つないし3つの場合において、中性粒子がディセル電極の各開口を通過できたとしても、イオンと中性粒子は確実に分離されており、中性粒子はウエハに到達する前に捕捉され、イオンのみがウエハに突入する。

【0028】このように、本発明によれば、中性粒子は、イオンビームからほぼ完全に分離されるので、減速前のビームエネルギーと減速後のビームエネルギーとの比をディセル比と呼ぶことにすると、ディセル比をかなり大きくすることができる。例えば、ディセル比を3とすると、3 KeVから1 KeVのビームを作ることができ、ディセル比を6とすると、3 KeVから0.5 KeVのビームを作ることができ、ディセル比を8程度の高いものとすると、2 KeVから0.25 KeVを作ることができる。

【0029】さらに、減速した超低エネルギービームの電流を増加させるために、ディセル電極内で減速する前に電流を増加させて、ディセル比が非常に大きくなるように構成することもできる。従って、新しい傾斜ディセル装置は、現在の高電流型イオン注入装置において、超低エネルギービームに大きな電流を確実に与えることができる。

【0030】本発明の上記目的、優位性及び特徴は、本発明の好適な実施の形態を説明した詳細な説明及び図面に基いてより良く理解できるであろう。

【0031】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態を図面に基いて説明する。図1は、本発明における第1の実施の形態を示す傾斜ディセル装置3を備えた高電流型イオン注入装置の概略図であり、傾斜ディセル装置3を複数のディセル電極17, 18, 19, 20で表示している。イオン注入装置は、主として集積回路に用いられる半導体のシリコンウエハにイオンビームを衝突させてイオン注入を行うために使用されている。機械軸上に位置するイオンビーム11は、イオン源1から引出され、さらに、質量分析磁石2によっておよそ90°曲げられる。磁石2の水平方向の焦点にて、イオンビーム11は、質量分析磁石によって、ビームが、質量差による曲折度の差により方向を分けられ、そして、質量分析器に設けた質量

分離孔を通過することによって必要なイオンのみに分離される。

【0032】必要ならば、ビームサイズは、その焦点の水平投影面において小さいので、ディセル電極17~20は、その焦点の位置に備えつけられる。これらの各ディセル電極の開口も質量分離孔として機能する。上記目的からして、本発明の傾斜ディセル装置3の前側電極17は、焦点位置にセットすることができる。

【0033】図1では、これらのディセル電極は、2つの電極が対となって配置され、各対の電極は、基軸に垂直な軸に対してそれぞれ角度 θ_1 、 θ_2 だけ傾斜している。また、各開口は、それぞれのディセル電極のほぼ中央に位置し、開口幅はオフセット距離にほぼ等しく、実施例における寸法は2cm程度である。一般に、ビームの断面は、楕円形で楕円の長手方向が開口の縦方向に対応している。したがって、電極の開口は、通常矩形状であり、その縦寸法が、イオンビーム断面の長手方向開口幅よりも大きくなっている。

【0034】ディセル電極17~20のオン・オフに応じて、イオンビームは減速したりされなかったりする。ディセル電極17~20を通過した後、イオンビームは最終的にウエハ7に到達する。そのウエハ7の背面において、ディスクファラデーカップ8がイオンビームのサンプル電流を検出する。傾斜ディセル装置3とウエハ7の間には、多くの他の必要な装置が配置されている。

【0035】図1に示すフラグファラデーカップ4は、ビームを調整しているときに、イオンビームの電流を測定する。電子反射器5は、プラズマシャワー6の影響を安定化させる。プラズマシャワー6は、ウエハの帯電を減少するための電子を供給する。もう1つの可動式ファラデーカップ9は、物理的に許容可能な範囲で、できるだけウエハに近接して取り付けられることが示唆されている。ファラデーカップ9は、減速された超低エネルギービームの調整を容易にし、さらに、大きな電流がウエハ7に到達できるようにしている。

【0036】本発明に係る新しい傾斜ディセル装置3は、他の実施の形態においても同様に、複数の電極で構成されるものであり、少なくとも2つの電極を備えている。全ての電極は、分離及び減速（あるいは加速）の両方を実現するために、ビーム径路の基軸10に垂直な軸に対して傾いている。現在の商業的な高電流型イオン注入装置が、主作業モードであるドリフトモード（ディセルしないモード）で作動しているとき、本発明のディセル電極は、後述するように、適当な開口を有してフィールド・フリー空間に位置している。イオンビーム11の中心は、常に機械軸すなわちビーム径路の基軸10に沿って動く。イオンビームがディセルモードで作動しているとき、傾斜ディセル装置3の前方にある質量分析磁石2からウエハ7まで4つの開口の全てを通過することができる直線でないビーム軌道を形成するために、電極

は、図1に示されるように調節される。

【0037】従って、中性粒子は、最も後方のディセル電極20を通過することができず、さらにエネルギー汚染も全く生じない。各電極3の電位は、設計値に合わせられる。質量分析磁石2は、通常の設定よりも僅かに低い磁界強度で動作する。この質量分析磁石2の調整により、イオンビーム12は、機械軸10から所定のオフセット距離Dだけ離れた位置となりかつ磁石2の終端において、小さな偏向角 $\delta\theta$ を有するようになっている。

【0038】イオンビームがドリフトしかつディセル電極3の入口に到達すると、このオフセット距離Dは、偏向角 $\delta\theta$ により増加している。全オフセット距離は、およそ2cm程度である質量分離孔より大きい。少なくとも等しい程度の大きさが必要とされる。本発明の好ましい傾斜ディセル装置3は、4つのディセル電極を通過してこのオフセット距離を修正し、さらに同時にイオンビームを減速させる。ディセル通過後、減速されたイオンビームは、再び機械軸10に沿って動き、ウエハの表面に到達する。ディセルモードにおけるイオンビームの中心は、図1において符号12で示される。

【0039】本発明は、中性粒子をイオンビームから分離するとともに、イオンビームを減速させる両方の機能を同時に達成するために、ディセル電極を傾けて配置することを提案する。図2は、そのような傾斜した一対の電極の原理を図示したものである。

【0040】図2において、内部電界Eは、2つの電極13、14に対して垂直に作用する。両電極が同一の角度で傾斜されていると、電界は2つの分力 E_x 、 E_z が働くように作用する。分力 E_z は、従来の減速電界である。この分力 E_x により、イオンビームの進行方向は曲げられ、一方、中性粒子の移動方向（ E_z の反対方向）は、真直ぐに保たれる。その結果として、イオンビームは減速されかつ中性粒子から分離される。

【0041】2つの電極の電位差に応じて、イオンは、減速又は加速される。電極に設けられた開口15、16は、その開口から内部電界が漏れるので、電界の分布に影響を与える。しかし、本発明は、電極の大きさと比較してその開口が小さいものであるならば、イオンビームにおける電界の総合的作用は、明らかに変化しないと考えている。

【0042】しかしながら、好ましいディセル装置には、図2に示すような2つの電極を有する傾斜ディセル電極の間に電子が加速されることを防止するために、2つの一対の電極の間に抑制電極を設けている。

【0043】この抑制電極は、ディセル装置の設計を複雑にする。本発明は、この抑制機能と上記2つの機能、即ち、減速と分離とを兼ね備えた現実的なディセル装置を提供する。図3、図4は、4つの電極と各対の電極間に形成される3つの間隙(gap)を有する傾斜ディセル装置が、いかに動作するのかを示した図である。図3は、

図1に示すイオン注入装置の全体構成において使用される傾斜ディセル装置3に対応している。

【0044】すなわち、4つの電極は、二つの組に分けられる。第一組の2つの電極17, 18は、機械軸10に対して角度 θ_1 傾斜して第1の間隙を形成する。第二組の2つの電極19, 20は、機械軸10に対して角度 θ_2 傾斜して第3の間隙を形成する。第2, 第3の電極18, 19は抑制電極となっており、これらは同電位であるため、第一組、第二組の電極間は、第2の間隙として電界のないドリフト空間を形成する。

【0045】説明を容易にするために、ここで、各電極の電位をビームエネルギーレベルで表現することにする。図3において、 U_1 及び U_2 は、傾斜ディセル装置3を通過する前後のビームエネルギーを表わし、 U_1 は、ディセル電極17を通過する前のエネルギーレベルであり、 U_2 は、ディセル電極20を通過した後のエネルギーレベルである。 U_s は、抑制電極として作用するディセル電極18, 19間でのビームエネルギーレベルである。これらのディセル電極に対して、通常、 $U_s > U_1 > U_2$ の関係が成り立つ。便宜上、 U_1/U_2 をディセル比、さらに U_s/U_1 を抑制比と定義する。 *

$$\delta\theta = \delta R/R$$

$$D = \delta R (1 + F/R)$$

ここで、 R は磁石2の曲率半径、 F は磁石からディセル電極17までの距離、 D はディセル電極で要求されるオフセット距離、 $\delta\theta$ は偏向角、 δR は磁石の出口でのオフセット距離である(図1及び図3参照)。通常、 R は D より非常に大きい値であるので、 $\delta\theta$ および δR は、*

$$\sqrt{U_1} \sin(\theta_1 + \delta\theta) = \sqrt{U_s} \sin(\theta_1 + \delta\theta - \phi) \quad (3)$$

$$\sqrt{U_s} \sin(\theta_2 - \phi) = \sqrt{U_2} \sin\theta_2 \quad (4)$$

この運動方程式を解くことによって、ビームオフセット距離の焦点に合わせたディセル電極位置を推測することが可能である。また、オフセット修正距離 D_c が以下の★

$$D_c = \frac{2L_1 \sin(\theta_1 + \delta\theta)}{\sqrt{U_s/U_1 - \sin^2(\theta_1 + \delta\theta) + \cos(\theta_1 + \delta\theta)}} + \frac{2L_2 \sin(\theta_2 - \phi)}{\sqrt{U_s/U_2 - \sin^2(\theta_2 - \phi) + \cos(\theta_2 - \phi)}} + L_s \tan\phi \quad (5)$$

この数式は、 $D_c = D$ が望ましい。ここで、 L_1 (第1の間隙)、 L_2 (第3の間隙)は、前側及び後側のギャップ長さであり、 L_s は、2つの抑制電極間のドリフト☆

$$L_d \sim L_1 + L_2 + L_s$$

で与えられ、ここで L_d はディセル電極の長さである。

【0051】上記の全てのパラメータを変換することによって、商業的な高電流型イオン注入装置に一番適合するものを決定することができる。ディセル装置を機械的◆50

*【0046】イオンビームは、ディセル電極の開口にイオンビームが入射する位置において定められた偏向角 $\delta\theta$ とオフセット距離 D を有してディセル電極に進入する。図3において、偏向角 $\delta\theta$ は、入射するイオンビームの基軸10に対する角度であり、オフセット距離 D は、イオンビームがビーム経路の基軸10から離れた距離を示している。このイオンビームは、ディセル電極17に入射した後、ディセル電極18までの第1の間隙で、最初加速されて偏向する。それから、ディセル電極18, 19間の第2の間隙におけるドリフト空間でドリフトしてイオンビームは、基軸10に接近し、ディセル電極19, 20間の第3の間隙で減速され、基軸10に戻るように再び偏向される。この第1の実施形態では、最終的に、オフセット距離はゼロに調整されている。

【0047】イオンビームにおける上記の最初のオフセット距離と偏向角は、質量分析磁石2を調整することによって与えられる。オフセット距離 D の一次近似値とディセルの入口での偏向角 $\delta\theta$ は、以下のように与えられる。

【0048】

$$(2)$$

※かなり小さい値になり、磁石の性能に影響を及ぼさない。

【0049】いわゆるスネル (Snell) の法則によると、その角は、以下の相関関係がある。

★数式で示される。

【0050】

【数1】

☆空間である第2の間隙である。また、 ϕ は、ビーム基軸に対して第2の間隙で曲げられたイオンビームの偏向角度である。ディセル装置は、概略的には、

$$(6)$$

◆に単純化すると、 θ_1 , θ_2 , 及び D は、不変数とみなすことができ、さらに、ディセル電極は、ディセル比の広いレンジで作動すると考えれば、設計を単純化して、例えば、 $\theta_1 = 30^\circ$, $\theta_2 = 15^\circ$ とし、 $D = 2c$

m, $L_1 = L_2 = 1\text{ cm}$, $L_s = 8\text{ cm}$ としたとき、現在の高電流型イオン注入装置において、 L_d は約10cmとなる。

*【0052】また、
【表1】

*

U_2	U_1	U_1/U_2	U_2/U_1	θ_1	θ_2	$\delta\theta$	D_c
1KeV	3KeV	3	1.8	30°	15°	15°	1.9cm
0.5KeV	3KeV	6	2.2	30°	15°	15°	2.1cm
0.25KeV	2KeV	8	2.4	30°	15°	15°	2.2cm

は、上記設計値におけるいくつかのエネルギーレベルにおける作動パラメータを示す表である。各電極の傾斜角度は、固定されており、それぞれのオフセット修正距離 D_c は、互いに接近している。イオン注入装置の性能は、機械軸から1または2mmだけのわずかなオフセットされただけでは影響を受けない。後側電極が接地電位（0電位）にあるとするならば、他の電極の電位を決定することができ、抑制電極の電位は、 $-(U_s - U_2)$ であり、前側電極の電位は、 $-(U_1 - U_2)$ である。

【0053】図5は、電極の傾斜角度が固定されている場合における傾斜ディセル装置の一例の詳細なグラフであり、オフセット修正距離と、ディセル比の関数として変化する抑制比を示している。これから、ディセル比が3より大きい場合には、オフセット修正距離が、ほんの僅かなだけ変化することが明らかである。この結果は、機械的構造を変更することなく、ディセル比の広範囲に渡って、傾斜ディセル装置3が動作可能であることを意味している。したがって、傾斜ディセル装置3は機械的に簡易に作製することができる。

【0054】空間電荷は、超低エネルギーのイオンビームの運動において、非常に大きな影響を与えるということが知られている。空間電荷の力に起因して、イオンビームの横方向への拡がり、 $U^{-3/2}$ の関数で与えられる。したがって、傾斜ディセル装置の第3の間隙の後方のビーム伝搬は、その設計研究における非常に重要な問題となる。

【0055】電位差に起因して、傾斜ディセル装置3の第1と第3の2つの間隙は、また、横方向に集束する力もイオンビーム上に与えることになる。他の通常の電極のように、各間隙の電位差は、ビームの集束力の大きさを決定する。傾斜ディセル装置に関して、 U_s/U_1 の抑制比は、集束力の大きさを変更する手段を提供する。注意深いシミュレーションによる設計研究及び必要なビーム試験研究によって、傾斜ディセルのオフセット修正及び横方向の集束の両方を満足する抑制比を選択することができる。

【0056】図1において傾斜ディセル装置3の後段に置かれた可動式ファラデーカップ9は、物理的に許容される範囲内で可能な限りウエハ7に近接させて取り付けることが示唆されている。ファラデーカップ9から傾斜ディセル装置3までの距離は、長くなり、ファラデーカ

10※ップ9からウエハ7までの距離が短くなる。このファラデーカップ9は、減速された超低エネルギービームにのみ働く。減速されたビームを調整しているとき、そのファラデーカップは機械軸10上に位置している。

【0057】このファラデーカップ9の利点として、2つの面がある。第1には、作動中、オペレータは、ファラデーカップ9でのイオンビーム電流が最大となるように調整し、これによりオフセットは正しく修正され、イオンビームは機械軸10に沿って進ませることができる。第2には、輸送経路が短くなるので、大部分のイオンビームがウエハに到達できる。低エネルギーの伝搬は困難なため、距離が長くなるとビーム損失が大きくなる。調整後、ファラデーカップ9は機械軸10から引き離される。

【0058】次に、図6において、本発明における第2の実施の形態としての傾斜ディセル装置100が示されている。機械的に単純構造にするために、2つの抑制電極は一緒に接続され、抑制ボックス22を形成している。このボックスは、その表面に多くの溝が形成されており、真空達成率、すなわち、真空室からの空気排出の容易性が改善されている。抑制ボックス22は、確実にその内部空間がフィールドフリー（零電界）である。

【0059】この良好な傾斜ディセル装置100は、ディセルモード時の超低エネルギービームに動作するだけでなく、比較的高いエネルギービームに対して動作するドリフトモードにおいても、両立して動作可能である。この傾斜ディセル装置100の好ましい機械的構造は、図7aないし図7cに示されており、その好ましい形態において、3つの動作モードを有する。

【0060】傾斜ディセル装置100は、前側電極21、抑制ボックス22及び後側電極23の3つの主要部を含んでいる。その長さは、所定の商業的な高電流型イオン注入装置に最適となるように決定される。ディセルモードで動作しているときの電極の位置は、図7aに示される。

【0061】この前側電極21は、質量分析磁石2の焦点に位置している。前側電極21は、二つの開口を有し、1つは、ボロン用の開口25であり、他の1つは、リン用の開口24である。両開口24、25は、高電流型イオン注入装置に備わる開口と同様の作用を呈する。選択されたイオンのために設けられる開口の1つは、機

13

機械軸10から設計されたオフセット距離だけ離れた位置に置かれている。他の抑制ボックス22と後側電極23は、それらの設計位置に置かれている。終端に位置する後側電極23の開口28は、ちょうど機械軸10上に位置する。また、これら3つの部材は、すべて設計された電位に接続されている。

【0062】前側電極21の前で発生した中性粒子は、前開口25と後開口28が対向していないために、後側電極23の開口28を通過することができない。抑制ボックス22内で発生したこれらの中性粒子は、最後の開口28を通過することができるが、これらは、ウエハ7に到達する前に最終的にイオンビーム経路の壁に衝突する。したがって、イオン注入装置に傾斜ディセル装置100を使用した場合、ウエハ等の加工物にイオン注入する際にエネルギー汚染が起こらない。

【0063】イオンビームは、第3の間隙から実際に減速される。これは、ウエハまでのビームの移動距離が、従来のディセル装置の場合の移動距離と比較して、傾斜ディセル電極の長さの分だけ短くなることを意味している。したがって、このビームの移動距離が短くなること

によって、ウエハまでの輸送中に失われるイオンビームが少なくなり、それだけウエハに到達するイオンが増加し、傾斜ディセル電極100によってビーム電流は、従来のディセルのビーム電流よりも高くなる。

【0064】図7bのように、ボロン用のドリフトモードで動作しているときには、電位が0のターンオフ状態になる。それから前側電極のボロン用開口25は、機械軸10上に位置するように合わせられ、また、抑制ボックス22及び終端の後側電極23は、機械軸10から引き下げられている。このため、ボロンイオンのビームは、図7bに示すように、前側電極の開口25を通過し、他の電極の影響を受けないでウエハまで直進することが可能となる。リンイオンのビームを使用する場合には、前側電極21は、図7cに示されるように、軸10上にリン用開口24が位置するように再び調整される。このように、本発明の傾斜ディセル装置100は、高電流型イオン注入装置のドリフトモードにおいて、ビーム経路の基軸上に所定のイオンを通過させる前側電極の開口を合わせるように調整できるので、傾斜ディセル電極は、ドリフトモードの操作に何ら悪影響を与えることが

【0065】次に、図8および図9において、本発明における第3の実施の形態としての傾斜ディセル装置200が示されている。図8は、偏向角 $\delta\theta$ で、ディセル電極を通過するイオンビームの進行状態を示す原理図であり、図9は、このためのディセル電極30～32の配置構造とイオンビームの進路を示している。この実施形態において、傾斜ディセル装置200は、傾斜する3つのディセル電極で構成され、前側電極30、抑制電極31、後側電極32からなる。各電極は、それぞれイオン

14

ビームが通過する開口33, 34, 35を有している。前側電極30は、機械軸(基軸)に垂直な軸に対して θ_1 傾斜し、また後側電極32は θ_2 傾斜している。

【0066】図8において、質量分析磁石を通過したイオンビームは、偏向磁石によって、機械軸10から偏向角 $\delta\theta$ だけ偏向した方向に進む。このイオンビームは、3つのディセル電極30～32の開口を通過して、イオンと中性粒子が分離される。イオンは、各ディセル電極によってその進行方向が屈曲させられて、後側電極32の開口から出るとき、イオンビームのオフセット距離Dが完全に修正されずに、機械軸10から所定距離 d_1 だけ離れて機械軸と平行に進む。このため、第3の形態においては、上述したオフセット距離Dをゼロに修正する第1, 第2の実施形態とは異なっている。

【0067】このように、オフセット距離Dを d_1 に修正する場合でも、イオンと中性粒子は分離される。すなわち、イオンは、機械軸10から所定の距離だけ離れた状態でウエハ表面に衝突し、一方、中性粒子は、ディセル電極の影響を受けることなく開口を通過してまっすぐに進むが、ウエハに近い距離にあるスクrapper(50)によって、その進行が妨げられている。本形態では、中性粒子を捕捉するスクrapper50は、機械軸10に直交した位置に配置されているが、ディセル電極32を通過した中性粒子がウエハに到達できないように配置すれば良い。図8において、このスクレーパ50に衝突する中性粒子と、ウエハ7に衝突する前にスクrapperの延長線を通過するイオンとの距離は、 d_2 だけ離れており、イオンは中性粒子と完全に分離してウエハ7に衝突する。

【0068】次に、図10および図11において、本発明における第4の実施の形態としての傾斜ディセル装置300が示されている。この形態では、ディセル電極が2つであり、ディセル電極40, 41の各開口42, 43をイオンと中性粒子は共に通過する。これらの電極は、機械軸10に垂直な軸に対して θ 傾斜している。この場合も、イオンはディセル電極40, 41によって減速されて開口内を屈曲して進み、中性粒子は、影響されずに直進する。このために、イオンと中性粒子は分離され、そして中性粒子はスクrapper50によって捕捉されてしまうが、イオンはウエハ7に到達できる。

【0069】

【発明の効果】以上述べたことから明かなように、本発明の傾斜ディセル装置は、簡単なディセル電極の構造で、イオンビームの減速及び分離の両方を同時に兼ね備えているので、イオン注入装置を小型化し、かつエネルギー汚染を防止することができる。

【0070】また、この傾斜ディセル装置は、ディセル電極の長さ及び配置により、ウエハまでのビームの移動距離を短くし、さらにディセル比を飛躍的に大きくすることができるので、超低エネルギービームに対して大電

流を供給することができる。さらに、傾斜ディセル装置自体も、操作が容易な機械的構造であるために単純化されている。

【0071】また、この傾斜ディセル装置は、ディセルモード以外に、高電流イオン注入装置のドリフトモードにおいても使用でき、完全に両立モードに対して適用できる。そのとき、ドリフトモードの操作に何ら影響を及ぼすことがない。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る傾斜ディセル装置が設けられる高電流型イオン注入装置の概略図である。

【図2】イオンビームの減速及び中性粒子の分離を同時に実現するために、傾斜して配置した2つのディセル電極の原理を説明する図である。

【図3】4つの電極と3つの間隙を有する構造からなる本発明の第1の実施形態を示す傾斜ディセル装置の動作を説明するための図である。

【図4】図3における傾斜ディセル装置の構成を示す模式図である。

【図5】オフセット距離とディセル比の関係を示すグラフである。

【図6】本発明に係る第2の実施形態を示す3つのディセル電極を備える傾斜ディセル装置の構成を示す模式図である。

【図7】図6における本発明の傾斜ディセル装置における3つの動作モードを示し、(a)は、ディセルモード、(b)は、ボロンイオンビームのドリフトモード、(c)

は、リンイオンビームのドリフトモード、における各ディセルの動作を説明するための図である。

【図8】本発明に係る第3の実施形態を示す3つのディセル電極を備える傾斜ディセル装置の動作を説明するための図である。

【図9】図8における傾斜ディセル装置の構成を示す模式図である。

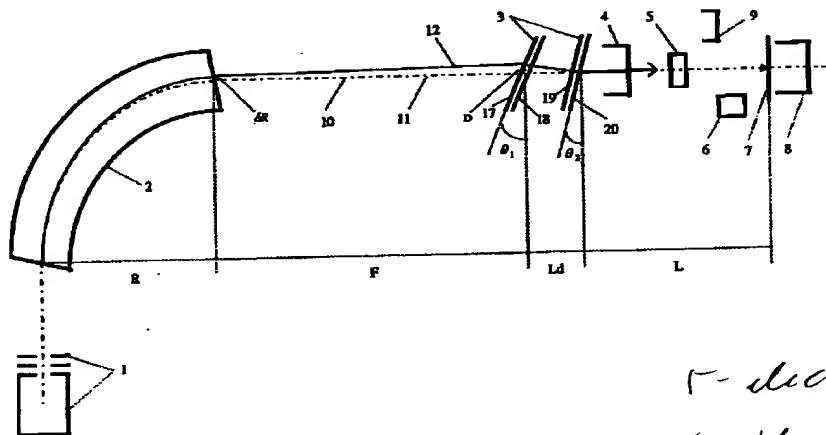
【図10】本発明に係る第4の実施形態を示す2つのディセル電極を備える傾斜ディセル装置の動作を説明するための図である。

【図11】図10における傾斜ディセル装置の構成を示す模式図である。

【符号の説明】

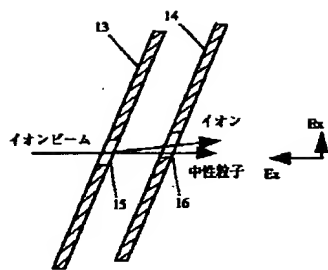
- | | |
|----------------|----------------|
| 1 | イオン源 |
| 2 | 質量分析磁石 |
| 3 | ディセル電極 |
| 4 | フラグファラデーカップ |
| 7 | ウエハ |
| 9 | ファラデーカップ |
| 10 | 機械軸(基軸) |
| 11 | ドリフトモードのイオンビーム |
| 12 | ディセルモードのイオンビーム |
| 17, 18, 19, 20 | ディセル電極 |
| 21 | 前側電極 |
| 22 | 抑制ボックス |
| 23 | 後側電極 |
| 24, 25, 27, 28 | 開口 |

【図1】

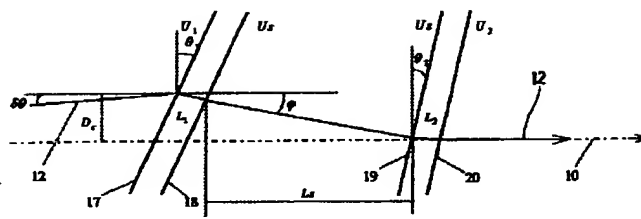


1- electric reflector
6- plasma shower
8- disk Faraday cup

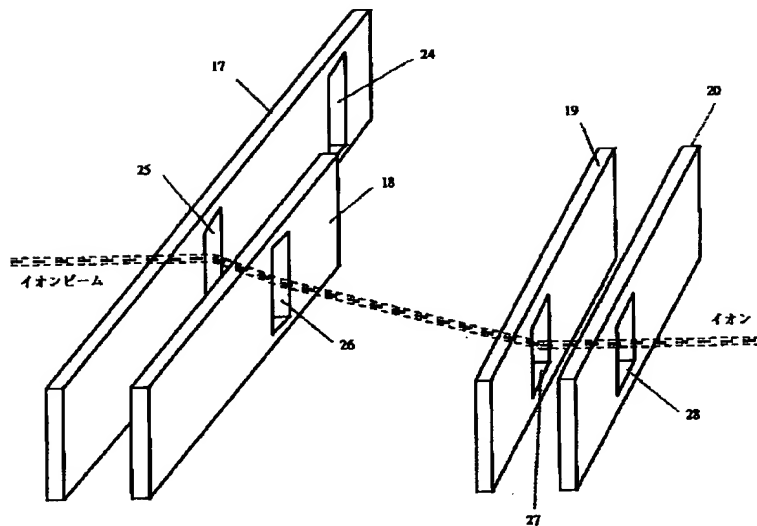
【図2】



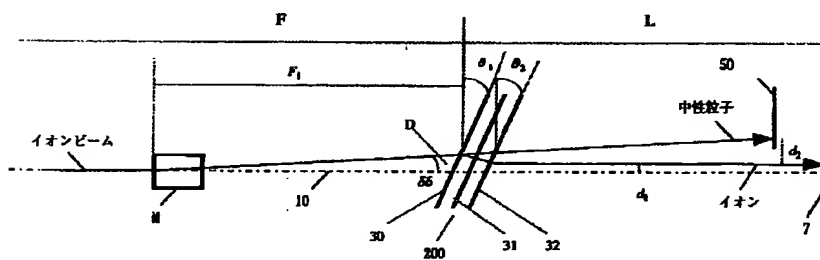
【図3】



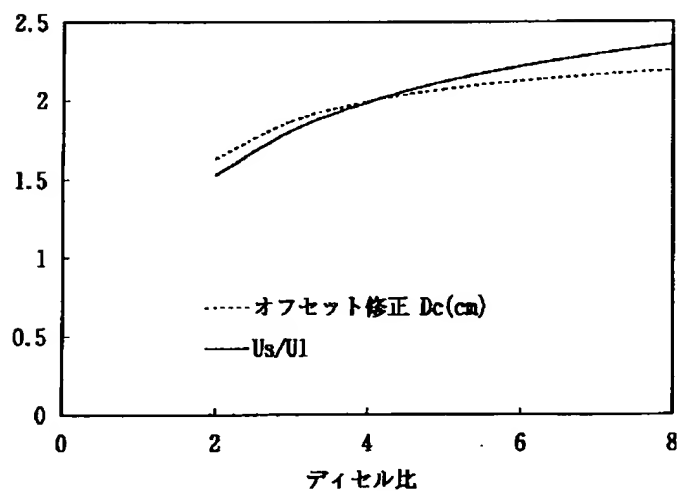
【図4】



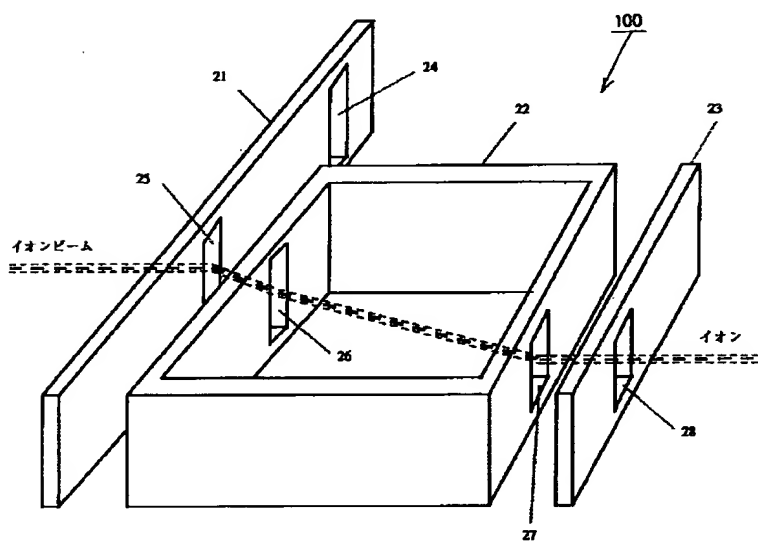
【図8】



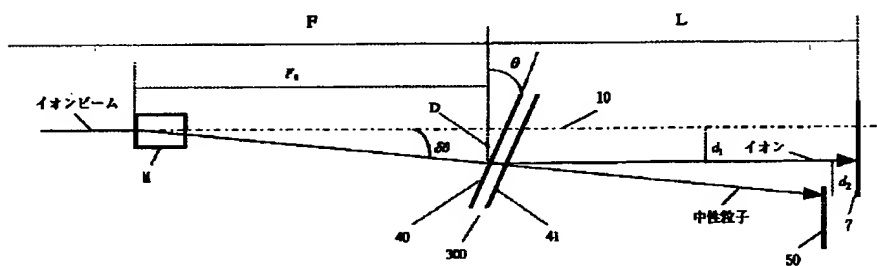
【図5】



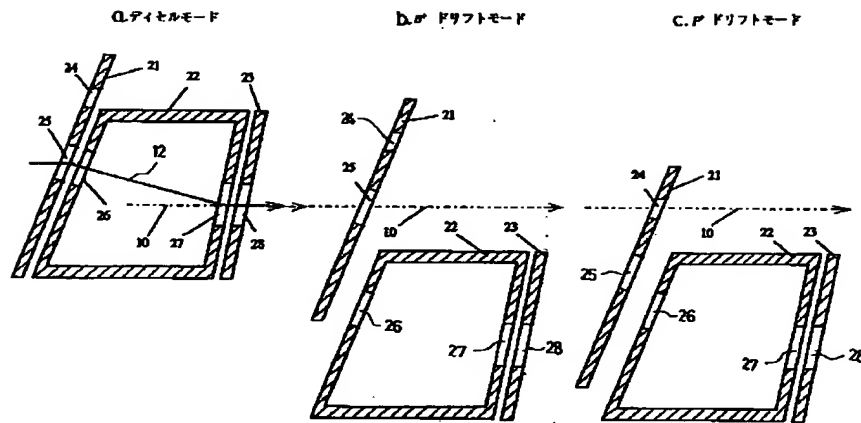
【図6】



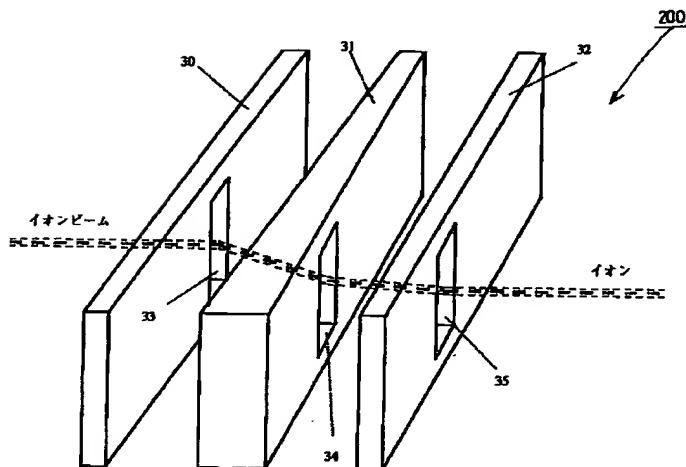
【図10】



【図7】



【図9】



【図11】

